

Simulácia ako vedecká metóda

Igor Paholok

Abstract

This article deals with computer simulation as a scientific method. Essay starts with allocation of computer simulations among general scientific methods, continues with basic methods and rules of correct computer simulation realization, refers about common scientific usage of computer simulation and finally summarizes its strengths and weaknesses.

Key Words

Computer simulation, Monte Carlo, Scientific Methods.

Obsah

1. Úvod	3
2. Vedecké metódy a simulácie	4
2.1. Definície pojmov.....	4
2.2. Postavenie simulácie v rámci všeobecných vedeckých metód.....	4
3. Zásady, metódy a postupy počítačovej simulácie	7
4. Využitie počítačovej simulácie	9
4.1. História počítačovej simulácie	9
4.2. Využitie počítačovej simulácie (neekonomické vedecké disciplíny).....	9
4.3. Využitie počítačovej simulácie v ekonómii a financiách	11
5. Hodnotenie metódy (počítačovej) simulácie	14
6. Záver	17
Zoznam použitej literatúry:	18
Zoznam použitých internetových zdrojov:	18
Príloha:.....	19

1. Úvod

Pojem simulácia, či simulovať sa vyskytuje v slovníku moderného človeka čoraz častejšie a to vo viacerých možných významoch. Jedným z všeobecne najčastejších býva tento výraz používaný ako synonymum k slovám predstierať, či napodobňovať (dieťa simuluje chorobu, či prekvapenie pod vianočným stromčekom). Pojmom simulátor býva označený objekt, ktorý do určitej miery napodobňuje funkčnosti, stavy alebo procesy určitého napodobňovaného objektu (počítačový program, hra imitujúca let lietadla, trenažér v autoškolách). Výraz simulant používame na označenie simulujúcej osoby.

S pojmom simulácia, simulovať či stimulátor sa stretávame i vo viacerých vedných disciplínach. A práve simuláciou ako vedeckou metódou sa budem zaoberať v tejto eseji. Postupne vymedzím zaradenie simulácie v kontexte všeobecne známych a akceptovaných vedeckých metód. Pojednám o zásadách, metódach a postupoch, ktoré sú nevyhnutnou podmienkou jej korektnej realizácie. Zameriam sa na spôsoby využitia simulácie v jednotlivých vedných odboroch, z ktorých najväčší priestor venujem aplikácií v ekonómii a financiách. V záverečnej časti zhodnotím metódu sumárom je silných a slabých stránok.

Cieľom práce je predovšetkým objasniť postavenie simulácie v rámci vedeckých metód (kapitola 2.) a zhodnotiť túto metódu výčtom je silných a slabších stránok (kapitola 5). V záujme naplnenia cieľov, nemôžem samozrejme opomenúť ani popis postupov, metód a spôsobov využitia (kapitoly 3. a 4.).

2. Vedecké metódy a simulácie

„Veda je obraz skutočnosti“

BACON

2.1. Definície pojmov

Pojem simulácia, prípadne simulovať je možné definovať na rôznom stupni všeobecnosti. Asi najvšeobecnejšia je definícia pomocou synonym predstierať, napodobňovať¹. Simuláciu môžeme teda definovať ako imitáciu reálnych vecí, stavov, vzťahov alebo procesov. Existujú definície presnejšie no vyššia presnosť je dosiahnutá na úkor všeobecnosti. Literatúra napríklad uvádza nasledujúcu definíciu: „Simulácia je numerická metóda zložitých pravdepodobnostných dynamických systémov pomocou experimentovania s počítačovým modelom.“² Jedná sa ale zjavne o špecifický typ simulácie, ktorý nazývame počítačová simulácia. V prevažnej časti eseje budeme pojmom simulácia rozumieť práve simuláciu počítačovú, pretože práve tú využívame v ekonómii a financiách najčastejšie.

V ďalšom výklade sa nezaobídeme bez definície niekoľkých súvisiacich pojmov:

- „Systémom pre naše účely rozumieme časť reálneho sveta, ktorý je predmetom nášho záujmu.
- Model je zjednodušené zobrazenie študovaného systému pomocou verbálnych pravidiel, matematických rovníc, obrázkov či grafov. (Simulačný model analytik vytvára v simulačnom jazyku na počítači.)
- Stavová premenná popisuje stav systému.
- Udalosťou chápeme zmenu stavu systému.
- Entita (prvok) je dynamický objekt, ktorý sa pohybuje v priebehu času systémom.
- Atribúty sú vlastnosti, ktoré môžu byť priradené entitám.
- Aktivita je časovo ohraničený stav entity (prvku) medzi dvoma pre entitu dôležitými udalosťami.“³

2.2. Postavenie simulácie v rámci všeobecných vedeckých metód

Je vôbec simulácia vedecká metóda? Pri hľadaní odpovede na túto otázku je vhodné najskôr pripomenúť, čo myslíme pod pojmom vedecká metóda, respektíve metodológia všeobecne.

„Metodológiu je možné charakterizovať ako ucelený systém filozofických a všeobecne vedeckých teoretických princípov či vedeckých výpovedí týkajúcich sa spôsobu získavania poznatkov o svete, alebo spôsobu vytvárania idealizovaného obrazu sveta. Vedecké metódy sú aparátom každej vedeckej práce a bez nich nie je možné získať pravdivé, presné, vzájomne súvislé (štruktúrované) a systematické poznanie skutočnosti, čo sú základné nároky kladené na vedu. Metódy môžu byť špecifické, používane len určitou, alebo určitými vedami; alebo všeobecné používane všetkými vedami. Poznáme tieto všeobecné vedecké metódy:

- pozorovanie

¹ DLOUHÝ, M. a kol.: Simulace pro ekonomy. 2. vyd. Praha: Oeconomica, 2005, str. 9

² DLOUHÝ, cit. 1, str. 10

³ DLOUHÝ, cit. 1, str. 10

- popis a vysvetlenie
- meranie a porovnanie
- experiment
- modelovanie
- analýza a syntéza
- indukcia a dedukcie
- abdukcia“⁴

Na tomto mieste môžeme teda pristúpiť k odpovedi na otázku položenú v úvode kapitoly. Simulácia je vedecká metóda a to preto, že predstavuje určitý spôsob získavania poznatkov o svete. Podľa typu simulácie potom záleží, či tieto poznatky získavame o svete skutočnom, alebo o svete idealizovanom (v podobe určitého modelu). Simuláciu vo svete skutočnom môžeme považovať za synonymum experimentu⁵. Simulácia, tak ako ju definuje väčšina zdrojov⁶, pracuje s určitým modelom, teda idealizovanou podobou skutočného sveta. Tento fakt, samozrejme nevylučuje, možnosť získania poznatkov o svete reálnom. Na určitej úrovni zjednodušenia, môžeme povedať, že simulácia predstavuje experiment s modelom. Nachádza sa teda na pomedzí už vymenovaných všeobecných vedeckých metód.

Predpokladom realizácie simulácie je vytvorenie určitého modelu. Realizácia simulácie potom predstavuje experiment s modelom. Modelovanie, tak ako je definované⁷, sa od simulácie takmer neodlišuje. Simulácia (určite patrí do podmnožiny modelovania) umožňuje rozšíriť záber skúmania i na špecifické typy modelov, v ktorých uvažujeme náhodne premenné, teda premenné ktorých hodnota je výsledkom realizácie určitého špecifického typu pravdepodobnostného rozdelenia. Realizovať simuláciu je samozrejme možné aj u deterministických modelov, obzvlášť v prípadoch, kde by bol výpočet (zistenie) výsledku experimentu s daným modelom príliš zložitý.

⁴ PSTRUŽINA, K.: Atlas filosofie vedy (Fond rozvoje MŠMT F5 1747/1999) (Fond rozvoje MŠMT F5 1588/2002) publikované i na internetovej adrese <http://nb.vse.cz/kfil/win/atlas1/atlas3.htm>

⁵ „Experiment môžeme charakterizovať ako cieľavedome navodený proces, pozmeňujúci spontánnosť prírodných procesov priamym pôsobením technickými nástrojmi a experimentálny objekt alebo menením podmienok, v ktorých sa objekt nachádza a tým zisťovanie zmien, ktoré takto nastanú“
PSTRUŽINA, cit. 4, kap. Experiment

⁶ Vid'. Kapitolu 2.1.

⁷ „Modelovanie je špecifickým pokračovaním experimentu, kedy reálny objekt nahrádzame modelom. Slovo model je odvodené z latinského modulus (miera, takt, rytmus, veličina) a zo slova modus (kopia, obraz)“
PSTRUŽINA, cit. 4, kap. Modelovanie

Postavenie simulácie v rámci všeobecných vedeckých metód zobrazuje nasledujúca schéma:

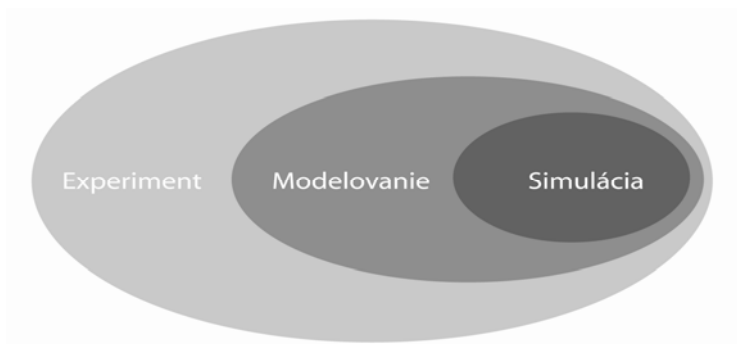


Diagram č. 1: Postavenie simulácie v rámci všeobecných vedeckých metód I

V prípade ak by sme modelovanie chápali iba ako proces tvorby modelu, mohli by sme simuláciu schematicky znázorniť skôr takto:

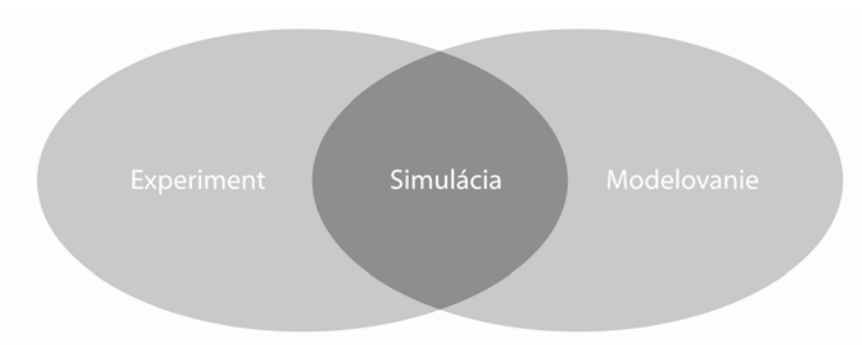


Diagram č. 2: Postavenie simulácie v rámci všeobecných vedeckých metód II

Ako som už načrtol, esej sa primárne zameriava na tzv. počítačovú simuláciu (definovanú v subkapitole 2.1.). Okrem počítačovej simulácie poznáme i tzv. simuláciu fyzickú, či interaktívnu. Odlišnosť týchto typov tkvie predovšetkým v povahe použitého modelu. Fyzická simulácia (na rozdiel od počítačovej) využíva fyzické objekty ktorými je nahradzovaný reálny svet. Môže sa jednať o určité napodobeniny reálnych objektov, či celých systémov v podobe rôznych trenažérov a pod.

3. Zásady, metódy a postupy počítačovej simulácie⁸

Zobraziť realitu pomocou modelu a následne s modelom realizovať experiment prostredníctvom počítačovej simulácie nie je jednoduchou záležitosťou. Vedecký pracovník musí okrem znalostí študovaného odboru, ovládať i matematické, štatistické a informatické metódy a postupy. Ani to však nezaručuje, že prostredníctvom počítačovej simulácie správne zachytí zložitú spleť vzťahov skúmanej reality. Aj napriek faktu, že korektná počítačová simulácia záleží do istej miery na „cite“ či „umení“ vedca – analytika, existujú určité všeobecné zásady metódy a postupy, ktorých by sa mala realizácia počítačovej simulácie pridržovať. Ich skrátený prehľad poskytuje nasledujúci text.

Model sa v prípade počítačovej simulácie stáva v konečnej podobe počítačovým programom, ktorý by mal zachytiť štruktúru modelovaného systému, jeho dynamiku a jeho pravdepodobnostný charakter.

Štruktúra modelovaného systému

V procese tvorby štruktúry modelu je dôležitá perfektná znalosť skúmaných systémov, predovšetkým vzájomných vzťahov medzi entitami, stavovými premennými i systémami navzájom. Precízne vybudovaný model so správne nadefinovanou štruktúrou je základnou podmienkou korektne realizovanej simulácie. V procese tvorby modelu bývajú využívané takmer všetky všeobecné vedecké metódy.

Dynamika modelovaného systému

Práve dynamika modelovaného systému je kľúčová z pohľadu využitia matematicko-štatistického aparátu. Dôležité je identifikovať dynamiku systému a následne vybrať a nastaviť príslušný matematický aparát. Obvyklé sú nasledujúce možnosti využívaného aparátu:

	Čas spojitý	Čas diskretný
Stavy spojité	diferenciálne rovnice	diferenčné rovnice
Stavy diskretné	simulácie diskretných udalostí	Markové reťazce

Tabuľka č. 1: Použitý matematický aparát v závislosti na typu modelu, DLOUHÝ, cit. 1, str. 13

Prípady jednotlivých aplikácií sú:

	Čas spojitý	Čas diskretný
Stavy spojité	vývoj ceny akcie	vývoj štvrťročného HDP
Stavy diskretné	deafault podniku	stav stroja

Tabuľka č. 2: Reálne prípady ilustrujúce možne dynamiky systému

Pravdepodobnostný charakter modelu

Pravdepodobnostný charakter výskytu udalostí ktoré ovplyvňujú stavové premenné či atribúty entít kladú na model požiadavky aplikovať generovanie náhodných čísel a generovanie hodnôt náhodných veličín podľa určitého

⁸ Časť textu parafrázovaná z DLOUHÝ, cit. 1, str. 18-52

pravdepodobnostného rozdelenia. Problematika generovania pseudonáhodných čísel⁹ je v dnešnej dobe jednoducho riešiteľná pomocou využitia výpočtovej techniky. K určeniu typu vhodného typu rozdelenia môžeme využiť testy dobrej zhody, chí-kvadrát test, Kolmogorov-Smirnovov test, či jednoduchú vizuálnu analýzu histogramu.

K transformácii náhodného čísla na hodnoty náhodných veličín je možné využiť metódu inverznej transformácie, zamietaciu metódu, kompozičnú metódu alebo opäť vhodný počítačový program (ktorý s niektorou z vhodných metód pracuje).

Medzi najčastejšie typy pravdepodobnostných rozdelení patrí napr. exponenciálne rozdelenie, rovnomerné rozdelenie, normálne rozdelenie, logaritmicko-normálne rozdelenie, geometrické rozdelenie, binomické rozdelenie, poissonove rozdelenie, hypergeometrické rozdelenia iné.

Model respektíve jeho výsledky je následne potrebné analyzovať a objektívne posúdiť jeho vhodnosť. Mimo iné je potrebné riešiť úlohy akými je napríklad redukcia rozptylu, určenie optimálneho počtu simulácií a podobne.

⁹ „Náhodné čísla získane pomocou aritmetických algoritmov sú iba pseudonáhodné“
DLOUHÝ, cit. 1, str. 20

4. Využitie počítačovej simulácie¹⁰

„Nestačí vedieť, vedomosti musíme aj používať.“

GOETHE

„Hlavným účelom vzdelanie nie je vedieť, ale konať“

SPENCER

4.1. História počítačovej simulácie¹¹

Pojednanie o využití metódy počítačovej simulácie začneme pohľadom do histórie. Odhliadnuc od teoretických prác v oblasti pravdepodobnostnej štatistiky, datujeme prvé významnejšie využitie do roku 1930 keď fyzik Enrico Fermi využil simulácie náhodných premenných vo výpočtoch, v záujme popísať vlastnosti novo objaveného neutrónu. V rokoch 1941 – 1946 v rámci projektu s názvom „Manhattan Project“, vedeného fyzikom J. Robert Oppenheimerom, bola vyvinutá nukleárna zbraň (atómová bomba) i s pomocou využitia metódy Monte Carlo. Metódu ďalej spopularizovali fyzici Stanislaw Ulam, John von Neumann a Nicolas Metropolis. Práve Ulamov strýko, ktorý si požičiaval peniaze pre účely hazardu v monackých kasínach, inšpiroval názvom svetoznámych oblastí kasín Monte Carlo. Práve práca s náhodnými premennými vyvoláva spojitosť s hazardom v kasínach. Rozvoj kvality i prístupnosti výpočtovej techniky sa počítačová simulácia a metóda Monte Carlo postupne začala čoraz častejšie využívať vo vedných disciplínach ako fyzika, chémia, ekonómia, ale i psychológia, sociológia, operačný výskum a iné.

4.2. Využitie počítačovej simulácie (neekonomické vedecké disciplíny)¹²

V tejto subkapitole sa pokúsim zhrnúť najvýznamnejšie oblasti využitia počítačovej simulácie, či simulácie Monte Carlo v jednotlivých vedeckých disciplínach. Nebudem rozlišovať, či je metóda využitá priamo v rámci práce vedeckej, alebo v rámci praktickej aplikácie vedeckých poznatkov. Subkapitola pojednáva o využití v oblasti neekonomických disciplín, naopak subkapitola nasledujúca popisuje využitie simulačných metód v oblasti vedeckej a praktickej aplikácie v ekonómii a financiách.

¹⁰ Využitie simulácie fyzickej je v dnešnej dobe obzvlášť široké a to od využitia rôznych trénažérov (vo vede i v praxi) až po simulácie ničivých účinkov zbraní a pod. Na rozdiel od simulácie počítačovej, ktorej aplikácia je podmienená existenciou výpočtovej techniky, využíva ľudstvo simuláciu fyzickú od nepamäti. Ako ilustráciu tohto tvrdenia môžem uviesť nasledujúci príklad z dôb pravekých: „Mágia však nebola spojená iba s vierou v kauzalitu, ale rozvinula celý súbor činností, ktorými aktívne zasahovala do činnosti kmeňa a jedinca. Udalosti, ktoré rozhodujúcim spôsobom určovali život kmeňa boli postupne ritualizované. Napr. obrat víťania jari (rovnako ako ďalšie rituálne obrady) nezostával len na úrovni pasívnej registrácie javov, ale získaval magickú silu simulátorov, ktorý mohol sám jar privolať. Človek veril, že magické obrady sú bezprostrednou príčinou javov a zmien v prírode.“ COUFAL, J., a kol., Učebnice matematiky pro ekonomické fakulty, Praha: Victoria Publishing 1996.

¹¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_method - parafrázovaným zdrojom bola otvorená internetová databáza Wikipedia. Vzhľadom na povahu zdroja, boli uvedené informácie overené i prostredníctvom ďalších internetových zdrojov.

¹² http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_model - parafrázovaným zdrojom bola otvorená internetová databáza Wikipedia. Vzhľadom na povahu zdroja, boli uvedené informácie overené i prostredníctvom ďalších internetových zdrojov.

V kontexte matematicko-štatistických postupov poznáme tieto spôsoby využitia:

- riešenie analyticky neriešiteľných (alebo náročne riešiteľných) diferenciálnych rovníc v oboroch kde sú predmetom výskumu dynamické systémy (jadrový fyzika, astrológia, kinetická chémia, klimatológia, elektrotechnika a iné).
- stochastická simulácia diskretných systémov v ktorých sa udalosti vyskytujú s určitou pravdepodobnosťou (s určitým pravdepodobnostným rozdelením), a tieto systémy nepopisujeme diferenčnými rovnicami. Aplikácia v genetike, biochémii, medicíne a pod.

Konkrétne aplikácie sú napríklad:

- meteorologické odhady rovnovážnych stavov určitých veličín a študovanie dynamiky ich vývoja.
- v ekologických odhadoch vývoja znečistenia životného prostredia, ale i skúmania vývoja populácií rôznych druhov organizmov.¹³
- hydrologické transportné modely (ako napríklad SWMM – Storm Water Management Model alebo DSSAM Models – Dynamic Stream Simulation and Assessment Model) využívané k predpovediam kvality vody.
- teoretické modely skúmajúce ľudskú výkonnosť a proces poznávania.
- simulácie vývoja molekulárnych modelov využívane pri vývoji liečiv a ďalšie aplikácie simulácie molekulárnej dynamiky.
- simulácie fotónového transportu, transport svetla a radioaktívneho žiarenia.
- simulácie vývoja bielkovynových štruktúr.
- simulácie chovania častíc atómov vo fyzike, jadrovej fyzike a chémii.
- výpočtová technika (Las Vegas algoritmus, LURCH, počítačové hry) a rôzne druhy softwaru.

a mnoho mnoho ďalších možnosti aplikácií.

¹³ Ako príklad môžem uviesť známy problém WaTor. „WaTor je simulácia idealizovaného modelu dvojrozmerného oceánu s rybičkami a žralokmi. Rybičky a žraloky sa v pravidelných intervaloch oceánom náhodne pohybujú, rozmnožujú sa, umierajú a požírajú sa. Algoritmus je daný parametrami: rozmer oceánu, perióda rozmnožovania rybičiek, počiatočný počet rybičiek, počiatočný počet žralokov (rybičky i žraloky sa pohybujú v oceáne náhodne štyrmi smermi), čas hladovania žraloka (žralok požíra rybičky a pokiaľ do určitého času nenájde rybičku umrie hladom) a perióda rozmnožovania žralokov. Reálne biologické či ekonomické systémy sú samozrejme ďaleko zložitejšie. Model problému WaTor však môže dobre poslúžiť k štúdiu všeobecných vlastností dynamických systémov spočívajúcich v nájdení určitej dynamickej rovnováhy. Keď je počet žralokov malý, populácie rybičiek rýchle rastie. Následne rastie populácia žralokov, pretože je dostatok potravy. Čo spôsobí, že populácia rybičiek klesá kvôli prehusteniu a zožratiu žralokmi. Keby došlo k vymretiu všetkých rybičiek, zomrie hladom i populácia žralokov a život v oceáne skončí katastrofou. Problém WaTor je modelom, ktorý môže slúžiť programátorom k testovaniu alternatívnych výpočtových algoritmov“
DLOUHÝ, cit. 1, str. 35

4.3. Využitie počítačovej simulácie v ekonómii a financiách¹⁴

Využitie simulačných modelov v ekonómii a financiách je rovnako veľmi pestré. Okrem aplikácie v oblasti ekonómie ako vedy existuje široké spektrum praktických spôsobov využitia (v nasledujúcom prehľade striktne nerozlišujem, či sa jedná o aplikáciu vo vede či praxi):

Manažment

V procese riadenia sa manažér musí rozhodovať v zložitej spleti situácií. Rozhodovanie v podmienkach neistoty a rizika¹⁵, a de facto prítomnosť náhodnosti reprezentovanej určitým pravdepodobnostným rozdelením, si často krát vyžaduje aplikáciu počítačovej simulácie:

- V záujme stanovenia optimálneho množstva zásob a to hlavne v prípadoch kde výskyt dopytu a jeho veľkosť je náhodná veličina, doba a veľkosť dodávky ja náhodná veličina, zásoby sa skladajú z mnohých produktov od rôznych dodávateľov a produkty sa výrobným procesom kompletizujú, zásoby sa behom času znehodnocujú atď.
- V rámci aplikácie tzv. teórie hromadnej obsluhy, ktorá skúma procesy v ktorých dochádza k hromadeniu požiadaviek z dôvodu obmedzenej kapacity obsluhy. Počítačovú simuláciu tak musíme využiť napríklad v prípade, že doba obsluhy je náhodná veličina, existuje mnoho rôznych typov požiadaviek, intervaly medzi príchodmi jednotlivých požiadaviek sú náhodná veličina, parametri rozdelenia náhodných veličín sa v priebehu simulácie môžu meniť a pod.
- Simulačné metódy sú využívané i v procesoch riadenia výroby a to hlavne v prípadoch zložitejších výrobných procesov, kde je potrebné určiť najoptimálnejšie poradie v akom sa budú výrobky na príslušných výrobných zariadeniach spracovávať
- V procese finančného plánovania sa vyskytuje značné množstvo situácií, kde určitý, náhode podliehajúci proces, môže ovplyvniť budúce finančné ukazovatele podniku (úroveň dopytu, poruchovosť strojov, odchod zamestnancov, náhodné škody a pod.). Populárnou sa stáva metóda Cash Flow at Risk, kde pomocou simulácie môžeme stanoviť, že na určitej hladine pravdepodobnosti Cash Flow (kladné/záporné) neprekročí určitú úroveň (obdoba metódy Value at Risk o ktorej esej pojednáva v ďalších odstavcoch).
- V procese riadenia projektov nachádza počítačová simulácia uplatnenie aj u dvoch najznámejších metód, akými sú metóda kritickej cesty - CPM, pre deterministické trvanie dôb činností, a metóda PERT, pre stochastické doby trvania činností. Metódy umožňujú stanoviť predovšetkým časovú analýzu projektu, doplnenú o analýzu peňažných tokov, nákladov a zdrojov. Obvyklé býva zostavenie troch možných scenárov, a to optimistickú, najpravdepodobnejšiu (obvyklú), a pesimistickú verziu.¹⁶

¹⁴ Okrem odstavca „financie“ je väčšina textu parafrázovaná z DLOUHÝ, cit. 1, str. 53-71

¹⁵ „Riziko je situácia, keď ten, kto sa rozhoduje, pozná všetky možné dôsledky svojho rozhodnutia a je schopný určiť pravdepodobnosť každého z nich.“

SOUKUPOVÁ, J. a kol.: Mikroekonomie. 3. vyd. Praha: MANAGEMENT PRESS, 2004, str. 114
Neistotu môžeme definovať ako situáciu, keď ten, kto sa rozhoduje, nepozná všetky možné dôsledky svojho rozhodnutia, alebo ak pozná, nie je schopný určiť pravdepodobnosť každého z nich.

¹⁶ DLOUHÝ, M. a kol.: Simulace podnikových procesu. Brno: Computer Press, 2007.

- Riziko a neistota, sa v reálnom svete vyskytuje skutočne často, ba dokonca takmer vždy¹⁷. Rozhodovanie v podmienkach rizika musí zvládnuť hádam každý, no zvýšená zodpovednosť za prijaté správneho rozhodnutia je kladená na bedrá práve manažérom. Náhodu a zložitú štruktúru vzťahov je možné simulovať, a tak počítačová simulácia nachádza široké uplatnenie práve v procese riadenia rizík. Pomocou simulácie je možné odhaliť možnosti nečakaných udalostí, získať obraz o závažnosti katastrofických scenárov a podobne. Využitie počítačovej simulácie v oblasti riadenia rizík je v súčasnosti nenahraditeľné v oblasti riadenia finančný rizík (viď. odstavec „Financie“)

Oligopolné trhy

Hľadanie optima a skúmanie stavov v rámci zložitejších tržných štruktúr sa taktiež častokrát nezaobíde bez metód počítačovej simulácie. Príkladom môžu byť oligopolné trhy kde vzťahy v rámci systému nie sú riešiteľné analyticky metódami.

Hospodárska politika

Stanoviť optimálnu hospodársku politiku je cieľom zodpovedným a rozhodne nie jednoduchým. Aj v tejto oblasti (kde sa prostredníctvom nástrojov hospodárskej politiky, za prítomnosti exogénnych – vonkajších vplyvov, má dosiahnuť určitých cieľov) je využitie počítačovej simulácie veľmi dôležitou pomôckou a to hlavne v prípade zložitejších nelineárnych dynamických modelov. Počítačovú simuláciu môžeme využiť za účelom generovania možných atribútov či udalostí exogénnych premenných. Výsledkom analýz potom býva hodnotenie dopadov jednotlivých variant hospodárskej politiky, a hľadanie optimálnych možností.

Financie

Obchodovanie s finančnými aktívami býva vo vyspelých ekonomikách veľmi „intenzívne“ čo spôsobuje, že sa ceny týchto aktív (ceny akcií, dlhopisov, peňažných prostriedkov – úrok) menia vzájomným pôsobením dopytu a ponuky relatívne rýchlo. Na dopyt a ponuku po finančných aktívach pôsobí veľké množstvo rôznych faktorov, a keďže na vyspelých finančných trhoch neexistujú takmer žiadne obchodné bariéry, pôsobia tieto vplyvy i na konečnú cenu finančných aktív.

Vývoj cien finančných aktív tak v konečnom dôsledku pripomína tzv. Brownov pohyb, ktorý z fyzikálneho hľadiska predstavuje neusporiadaný pohyb častice, spôsobený nárazom molekúl. Z matematického hľadiska sa jedná o stochastický proces. Konkrétne, proces ktorý popisuje Brownov pohyb sa nazýva Wienerov proces.

Počítačová simulácia cien finančných aktív môže byť realizovaná viacerými spôsobmi. Využitie je taktiež rôznorodé. Nasledujúci prehľad poskytuje skôr ilustratívny výčet niekoľkých príkladov, ako kompletný prehľad, ktorý zostaviť by bolo takmer nemožné:

- Modelovanie cien akcií.
- Modelovanie úrokových sadzieb (Rendelman, Bartter model, Vašíčkov model, Cox, Ingersoll, Ross model, Brennan-Schwartz model a iné.
- Oceňovanie exotických opcií.

¹⁷ „Sú dve veci, ktoré sú absolútne isté: smrť a dane“
Benjamin Franklin

- Výpočet „Value at Risk“ jednotlivých inštrumentov i celého portfólia (ukazovateľ VaR poskytuje informáciu o veľkosti straty ktorá by nemala byť prekročená s určitou pravdepodobnosťou).
- Určenie veľkostí marží na burzách s termínovými kontraktmi
- Odhad početnosti defaultov v rámci skupiny veriteľov

A ďalšie.

Poznámka: Počítačovú simuláciu vývoja ceny akcie a výpočtu „Value at Risk“ metódou Monte Carlo ilustruje príloha.

5. Hodnotenie metódy (počítačovej) simulácie

V procese využitia simulácie ako vedeckej metódy, alebo ako nástroja aplikovaného v praxi, musíme mať napamäti, že simulácia, tak ako akákoľvek iná metóda má svoje nesporné výhody, no i úskalía a slabšie stránky. Je nutné si uvedomiť čo sa počítačovou simuláciou docieľiť dá, kde je možné tento nástroj využiť ako podporný, a kde naopak metóda zlyháva. Opäť nebudem explicitne rozlišovať, či je daná výhoda/nevýhoda spojená skôr s vedeckou prácou alebo praktickou aplikáciou:

Silné stránky:

- Umožňuje riešiť analyticky neriešiteľné úlohy:

Metóda počítačovej simulácie v určitých špecifických prípadoch napomáha, respektíve umožňuje realizovať všeobecnú vedeckú metódu akou je analýza. Predovšetkým v oblasti vzťahovej a štrukturálne genetickú analýzy je možné pomocou počítačovej simulácie odhaliť zložitejšie závislosti (medzi systémami, entitami, prípadne atribútmi), ako i skúmať dynamiku systému a reakcie na rôzne udalosti (podnety).

- Uľahčuje riešenie ťažko riešiteľných úloh.

- Štandardizuje niektoré kvantitatívne parametre:

V niektorých prípadoch umožňuje metóda počítačovej simulácie realizáciu ďalšej zo všeobecných vedeckých metód ktorou je meranie. Dobrou ilustráciou môže byť hodnotenie rizikovosti investičného inštrumentu alebo portfólia. Ukazovateľ „Value at Risk“ spočítaný za pomoci simulácie Monte Carlo poskytuje štandardizovaný, preukázateľný a relatívne akceptovateľný pohľad na kvantifikáciu rizika v jedinom ukazovateli. Ukazovateľ následne umožňuje časové i priestorové porovnanie. Navyše je vyjadrený v jednotkách skúmanej entity. O nespornej výhodnosti merania rizikovosti / potencionálnej straty pomocou „Value at Risk“ s využitím simulácie Monte Carlo vypovedá najmä súčasná aplikácia v risk manažmente a to už nie len vo finančnej sfére.

- Proces tvorby modelu napomáha k odhaleniu a špecifikácii nových skutočností:

Detailne pozorovanie a popis skúmanej entity alebo systému, za účelom tvorby modelu pre počítačovú simuláciu, vedie často krát k odhaleniu nových vlastností, či funkčných závislostí skúmaného systému / entity. Následne tak rozšíreniu výsledkov predošlého pozorovania, popisu, či analýzy systému / entity.

- Rozšírenie možnosti predikcie i na oblasti v ktorých nie je korektné využiť deduktívnych metód, či deterministických modelov:

Deduktívne usudzovanie a použitie prísne deterministických modelov nie je využiteľné všade tam, kde sa v systéme vyskytujú náhodné premenné. No práve pomocou metódy počítačovej simulácie, môžeme modelovať i systémy s jednou, či viacerými náhodnými premennými. Na základe simulácie je následne možné predikovať hodnoty závislých premenných, nie však s absolútnou presnosťou, ako

by to bolo možné v prípade prísne deterministických modelov, ale iba s určitou pravdepodobnosťou (napr. strata nebude s pravdepodobnosťou 99 % vyššia než 10000 Kč). Počítačovú simuláciu je teda možné využiť k predikcii v systémoch v ktorých náhodná zložka ovplyvňuje atribúty, alebo stavové premenné systému úplne, čiastočne, ale i vôbec (v prípade, že riešenie pomocou počítačovej simulácie je jednoduchšie realizovateľné)

A iné.

Slabé stránky:

- Nevýhody vyplývajúce z všeobecne známych problémov využitia modelu:

Model vo svojej podstate predstavuje určité zjednodušenie reality. Je teda prirodzené, že počítačová simulácia, ktorá pracuje s určitým modelom, poskytne výsledky, ktoré abstrahujú práve od tých vlastností skutočného systému, od ktorých abstrahuje použitý model. Je preto veľmi dôležité, aby vytvorený model, nezjednodušoval, neskresľoval, či dokonca úplne neabstrahoval od vlastností systému, ktoré pomocou počítačovej simulácie skúmať chceme.

- Možnosti zlyhania v procese simulácie extrémnych udalostí:

Výstavba modelu i celé nastavenie parametrov procesu simulácie býva väčšinou postavené na historických údajoch, prípadne na odhade analytika. Práve takáto kalibrácia môže opomenúť, alebo nedostatočne zachytiť udalosti, ktoré majú povahu extrémnych šokov. Simulácia tak nemusí výskyt „extrémov“ zachytiť vôbec, môže skresliť početnosť výskytu takýchto udalostí, alebo sa môže stať, že neposkytne odpoveď na otázku, čo môže pre systém (kvantitatívne) znamenať výskyt takejto udalosti.

- Možnosť manipulácie:

Charakterom vedeckej metódy by mal byť fakt, že jej realizácia je možná opakovane, pričom každé opakovanie bude realizované s rovnakým výsledkom. Táto vlastnosť, nemusí byť v prípade počítačovej simulácie splnená vždy, vzhľadom na nutnosť simulovať i náhodné premenné. Navyše v procese tvorby modelu a definícií vzťahov a vstupných parametrov, je možný určitý stupeň subjektivismu. To umožňuje možnosť zámernej manipulácie kde môžu byť výsledky zámerne skreslené nesprávnou voľbou metód, alebo zámerne nesprávne interpretované. Býva preto vhodné overiť výsledky simulácie, či detailne preskúmať objektivnosť postupov tvorby a kalibrácie modelu.

- Metodologická náročnosť metódy:

Využitie metódy počítačovej simulácie je okrem znalostí príslušného vedeckého odboru podmienené i znalosťami z oblasti štatistiky, matematiky, či informatiky. Tento fakt odrádza mnohých pracovníkov vedeckej či komerčnej sféry a to nie len z pohľadu realizácie ale i z pohľadu využitia a akceptácie predložených výsledkov. Metodologická náročnosť taktiež otvára možnosť manipulácie (viď predchádzajúci odstavec).

- Metóda nie je všeobecná:

Metódu počítačovej simulácie môžeme nesporne označiť za špecifickú, pretože jej využitie všetkými vednými disciplínami by bolo ťažko obhájiteľné (najmä v rámci skupín humanitných vied).

A iné.

6. Záver

Esej predstavila metódu počítačovej simulácie a jej významné a stabilné miesto v prostredí vedeckého bádania i podnikovej praxi. V rámci účelu samotnej práce bola významná časť textu venovaná analýze metódy a to jak hľadáním jej miesta v rámci všeobecných vedeckých metód, tak popisu jej slabých a silných stránok. Esej poskytuje relatívne uzavretý celok, no v kontext daného rozsahu môže poslúžiť iba ako akýsi úvod či odrazový mostík do štúdia tejto nesporne zaujímavej a rýchlo sa rozvíjajúcej metódy.

Zoznam použitej literatúry:

DLOUHÝ, M. a kol.: Simulace pro ekonomy. 2. vyd. Praha: Oeconomica, 2005

PSTRUŽINA, K.: Atlas filosofie vědy (Fond rozvoje MŠMT F5 1747/1999) (Fond rozvoje MŠMT F5 1588/2002) publikované i na internetovej adrese <http://nb.vse.cz/kfil/win/atlas1/atlas3.htm>

COUFAL, J., a kol., Učebnice matematiky pro ekonomické fakulty, Praha: Victoria Publishing 1996.

SOUKUPOVÁ, J. a kol.: Mikroekonomie. 3. vyd. Praha: MANAGEMENT PRESS, 2004.

DLOUHÝ, M. a kol.: Simulace podnikových procesu. Brno: Computer Press, 2007.

Zoznam použitých internetových zdrojov:

http://en.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_method

http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_model

Príloha:

Príklad využitia stochastickej simulácie vývoja ceny akcie spoločnosti Erste Bank kotovanej na PSE slúžiaci k odhadu nožnej straty a výpočtu Value at Risk.

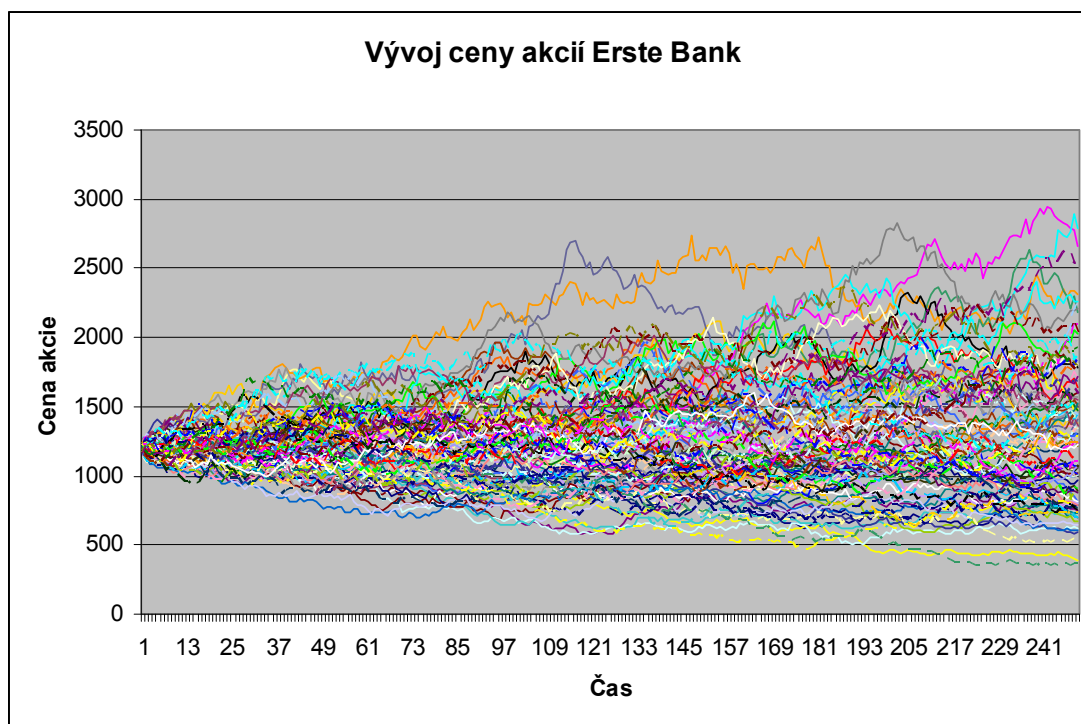
Simuláciu vývoja ceny akcie realizujeme ako brownov pohyb a to podľa vzťahu:

$$S_t = S_0 \exp((r - 0,5v^2)t + N(0,1)v\sqrt{t})$$

Kde

S_0 je počiatočná cena akcie	= 1202 Kč
r je bezriziková výnosová miera	= 4 %
v je anualizovaná ročná volatilita	= 39,2 %
$N(0,1)$ je normované normálne rozdelenie	= generované v programe Excel
t je časové obdobie	= jeden deň

Predpokladáme, že akciu budeme držať jeden rok.



Pomocou simulácie sme sa dozvedeli, že cena by nemala v priebehu roku klesnúť pod 366,6 Kč (strata 835,4 Kč) a v 99 % by nemala klesnúť pod 384 Kč (čo predstavuje stratu 818 Kč).